

二硫化モリブデンスパッタ膜の大気中での潤滑特性に影響する膜性状の特定化に関する研究

著者	松崎 一成
発行年	2018-09-21
学位授与番号	17104甲工第457号
URL	http://hdl.handle.net/10228/00006977

氏 名	松崎 一成
学位の種類	博 士 (工学)
学位記番号	工博甲第 4 5 7 号
学位授与の日付	平成 3 0 年 9 月 2 1 日
学位授与の条件	学位規則第 4 条第 1 項該当
学位論文題目	二硫化モリブデンスパッタ膜の大気中での潤滑特性に 影響する膜性状の特定化に関する研究
論文審査委員	主 査 教 授 松田 健次 " 恵良 秀則 " 宮崎 康次 客員教授 佐々木 巖 准教授 高嶋 一登

学 位 論 文 内 容 の 要 旨

半導体製造装置の主流である半導体ウエハ搬送システムでは、膜形成を行うプロセス室へのウエハの搬入と搬出を真空中で稼働するロボットが担っている。このロボットには複数の関節があり、ウエハを載せるフォーク部近傍の手首軸の軸受には、高温対応の観点から二硫化モリブデンスパッタ膜で潤滑された固体潤滑玉軸受が組み込まれている。二硫化モリブデンスパッタ膜は真空中では優れた潤滑特性を示すが、実稼働前に大気湿潤環境下で保管および試運転調整が行われるため、真空中のみならず大気中でも優れた潤滑特性が要求される。ところが、大気中で使用すると寿命の低下や摩擦係数の増加を招くことが知られており、結果として真空中での潤滑寿命の低下につながっていた。

本研究は、この軸受に適用する二硫化モリブデンスパッタ膜の長寿命化を目的としたものであり、二硫化モリブデンスパッタ膜の大気中での潤滑特性に影響する膜性状を特定化することにより、潤滑特性の改善を図るための指針を明らかにしたものである。

本論文は、全 8 章で構成されている。

第 1 章は序論であり、本研究の意義と目的および内容について述べている。二硫化モリブデンスパッタ膜を適用した固体潤滑軸受の実用化状況と真空ロボットに適用する場合の試運転から実稼働までの工程について調査すると共に、二硫化モリブデンスパッタ膜の大気中における潤滑特性の研究状況を詳細に検討して、この湿潤環境下での潤滑特性の改善が固体潤滑軸受を適用した真空ロボットの実稼働時の長寿命化につながることを明らかにしている。さらに、潤滑特性の改善に取り組んでいる従来の方法では十分でないことを指摘して、二硫化モリブデンが単相となる S/Mo 組成比範囲に入る膜で異なる性状を有する膜を複数個作製して潤滑特性に影響する膜性状を特定化する必要

性を述べている。

第2章では、二硫化モリブデンスパッタ膜を膜性状測定用基板や潤滑特性測定用ローラに被覆するためのスパッタ装置と膜作製手順について説明している。本研究では、二硫化モリブデンが単相となる S/Mo 組成比範囲内で膜性状を変えるためのスパッタ法として、基板に正の電圧を印加する方法を採用している。本章では、この詳細について記載されている。

第3章では、二硫化モリブデンスパッタ膜の性状（S/Mo 組成比、密度、(00・2)面間隔、結晶配向性、内部応力）の評価方法について説明し、基板に 0～+60 V の電圧を印加して作製した5種類の膜の性状と印加電圧の関係を明らかにしている。

第4章では、前章の膜と同時に作製した二硫化モリブデンスパッタ膜被覆ローラの気中での潤滑特性を調査している。その結果、印加電圧が+15 V で作製した膜で最も優れた潤滑特性が得られること、印加電圧が+30 V と+45 V で作製した膜の寿命は同一の印加電圧であっても個々の膜で値が大きくばらつくことを明らかにしている。これらの結果を勘案し、潤滑特性の低下やばらつきの原因を調べて改善しないと印加電圧と潤滑特性、さらには潤滑特性に影響する膜性状の特定化ができないことを指摘している。

第5章では、第4章で明らかになった潤滑特性の低下やばらつきの原因を膜に含まれている鉄に関連した現象、つまりローラの腐食の影響と予想して二つの対策を施した膜を作製して潤滑特性を評価している。一つ目の対策は、膜作製後に真空チャンパ内に窒素ガスを導入した後に気中に膜を取り出すという方法である。二つ目が二層膜の提案である。これらの膜の評価や膜厚補正の実施により、腐食の影響を受けない膜の潤滑特性と印加電圧の関係が明らかにしている。

第6章では、第3章から第5章までの結果に基づいて各種膜性状（S/Mo 組成比、かさ密度、(00・2)面間隔、結晶配向性、内部応力）と潤滑特性の関係について整理して、どの膜性状が潤滑特性に大きく影響しているかについて検討している。その結果、本研究の対象である単相となる S/Mo 組成比範囲内の膜については潤滑特性に S/Mo 組成比が最も影響しているということを明らかにしている。

第7章では、基板に印加する正電圧の大きさにより S/Mo 組成比が変化するメカニズムの仮説について検討している。基板の電圧・電流特性を測定した結果、印加電圧の大きさに伴って基板に電子または Ar イオンが流入する領域に分かれていることから、その領域によって S/Mo 組成比が変化するメカニズムは異なることを示唆している。

第8章は結論であり、本研究の成果をまとめ、残された課題について言及している。

学 位 論 文 審 査 の 結 果 の 要 旨

以上のように本論文は、潤滑特性が良好で基板の腐食による潤滑特性のばらつきが少ない性状を有する二硫化モリブデンスパッタ膜を見出すとともに、その膜の形成手法を

確立した価値ある研究であり，社会的貢献は極めて大きい．よって，本論文は博士（工学）の学位論文に値するものと認められる．なお，本論文に関する審査会および公聴会において，審査委員および出席者から多くの質問がなされたが，いずれも著者による的確な回答がなされ，質問者の理解が得られた．

以上により，論文調査及び最終試験の結果に基づき，審査委員会において慎重に審査した結果，本論文が，博士（工学）の学位に十分値するものであると判断した．